CONSIDERAȚII PRIVIND COMPONENTELE: MATEMATICĂ, TEHNICĂ ŞI MANAGEMENT ALE EDUCAȚIEI INGINEREŞTI

Sorin BERBENTE[1], Corneliu BERBENTE[2]
[1] Universitatea „Politehnica" din Bucureşti,
[2] Membru titular al Academiei de Ştiințe Tehnice din România

Rezumat. Formarea inginerilor în orice domeniu (şi mai ales în Inginerie Aerospațială) trebuie să includă în mod necesar o parte semnificativă de Matematici, Fizică , cunoştințe tehnice generale şi Management, pe lângă cunoştințele de specialitate, într-un complex dinamic şi interactiv. Ca om de concepție şi producător de bunuri, inginerul se află la capătul de început al lanțului; el trebuie ,de asemenea, să aibă în minte şi să influențeze şi mijlocul şi capătul final al lanțului, care conține evaluarea pe piață. Altfel, ingeniozitatea, eforturile şi munca sa vor fi subestimate de factorii care vin după el în lanț. În orice domeniu, inginerul trebuie să dețină şi să aplice un model matematic, tehnic şi managerial cât mai complet. În această lucrare, se dau exemple de părți ale unui astfel de model, bazate pe ecuații diferențiale şi concepte probabilistice.

Cuvinte cheie: cerere şi ofertă; repartiție Bernoulli; probabilitate totală.

Abstract: The engineering education has necessarily to include a significant part of Mathematics, Physics, general technics and business management besides speciality knowledge, in a dynamical, interacting complex. As a conceiver and producer of goods, the engineer finds himself at the beginning of chain; he also must have in mind and influence the middle and the end of chain containing the evaluation on market. Otherwise his ingeniousness, efforts and work will be underestimated by the after him coming chain factors. In any field, the engineer should have and apply an as complete as possible mathematical-technical-managerial model. In this paper examples of parts of such a model based on differential equations and probability concepts are given.

Keywords: offer and demand; Bernoulli repartition; total probability

1. Introducere

Preocuparea pentru formarea economico-managerială inginerului a devenit o componentă tot mai importantă a învățământului superior, continuată şi prin masterat şi chiar prin doctorat. Colaborarea dintre ingineri şi economişti administratorii de afaceri este tot mai largă, spre folosul tuturor partenerilor de producție şi afaceri. Nu este de mirare deci că la sesiunile de comunicări ştiințifice naționale şi internaționale se prezintă lucrări cu caracter multidisciplinar, îmbinând aspecte din ce în ce mai complexe şi mai elaborate, conducând la modele tehnico-economice tot mai flexibile şi mai aproape de o realitate unde aspectele neliniare şi probabilistice interacționează în mod inevitabil. Există monografii în domeniile arătate, elaborate de ingineri cu două doctorate,atât în domeniul tehnic, cât şi managerial [1]. Matematicienii elaborează adevărate tratate de informatică managerială [2, 3]; tot mai multe manuale universitare utilizate de viitorii oameni de afaceri sunt scrise de ingineri [4, 5, 6]. Există chiar enciclopedii manageriale elaborate de ingineri [7] .

În cele ce urmează vom prezenta câteva modele mai simple, care pot fi componente ale unor programe tehnico-economice utile.

2. MODELE DIFERENȚIALE

2.1. Model pentru determinarea cheltuielilor cu producția

În modelul discutat mai jos, creşterea cheltuielilor cu producția (UM/lună) este proporțională cu volumul producției şi invers proporțională cu timpul scurs de la lansarea producției (măsurat în luni de zile), la o putere α, ca urmare a mai bunei organizări a producției şi a muncii. Urmărim un model flexibil: se notează: C_h – cheltuielile totale (UM); Q – (tone sau bucăți) volumul producției; C_{hf} – cheltuielile fixe; t – timpul curent (t_0 – momentul inițial); k – o constantă de proporționalitate; α – exponentul duratei ($t - t_0$), $\alpha > 0$. Constantele k şi α se determină experimental pentru fiecare tip de întreprindere şi permit anumite variante,strategii.

Se cunoaşte legea de variație (regresie liniară) a cheltuielilor totale cu producția:

$$C_h = C_{hf} + C_{hu} Q, \tag{2.1.1}$$

unde C_{hu} (u.m./tonă sau pe bucată), reprezintă cheltuielile unitare cu producția. Se cere:

1) să se deducă legea generală de variație a lui C_h;

2) să se calculeze după cât timp se dublează cheltuielile totale, ştiind că în momentul inițial , t_0, viteza lor de creştere de 10^4 u.m./lună; pentru întreprinderea considerată s-au determinat prin monitorizare pe un interval de timp rezonabil constantele la valorile:

$$k / C_{hu} = 1; \quad \alpha = 1; \quad C_{hf} / C_{hu} = Q_0,$$

Q_0 fiind numărul de produse estimat pentru acoperirea cheltuielilor inițiale (fixe).

3) Să se determine momentul dublării cheltuielilor, în condițiile în care, la $t \to t_0$, avem, pentru o altă întreprindere de acelaşi profil, valorile:

$$\frac{\mathrm{d}C_h}{\mathrm{d}t} \to \infty \text{, dar : } (t - t_0)^{0.5} \left(\frac{\mathrm{d}C_h}{\mathrm{d}t} \right) \to 10^4 \,\text{u.m./(lună)}^{0,5}.$$

Se mai dau : $k / C_{hu} = 0{,}5$; $C_{hf} = 5 \cdot 10^4$ u.m.; $\alpha = 1$.

Rezolvare. Conform enunțului, creşterea lunară a cheltuielilor C_h este dată de ecuația diferențială:

$$1) \quad \frac{\mathrm{d}C_h}{\mathrm{d}t} = k \frac{Q}{(t - t_0)^{\alpha}} [\text{u.m./lună}], \; k > 0, \qquad \alpha > 0. \tag{2.1.2}$$

Înlocuind volumul producției din relația(2.1.1), ecuația (2.1.2) ia forma:

$$\frac{\mathrm{d}C_h}{\mathrm{d}t} = \frac{k}{C_{hu}} \frac{C_h - C_{hf}}{(t - t_0)^{\alpha}}. \quad [\text{u.m./lună}]. \tag{2.1.3}$$

Pentru simplificare, este indicat să lucrăm cu mărimi adimensionalizate. Astfel, vom nota:

$$y = \frac{C_h - C_{hf}}{C_{hf}}; \quad x = \frac{t - t_0}{\Delta t}; \quad \Delta t = 1\,\text{lună} \; ; \quad \frac{\mathrm{d}y}{dx} = \frac{k(\Delta t)^{1-\alpha}}{C_{hu}} \frac{y}{x^{\alpha}} = \frac{k}{C_{hu}} \frac{y}{x^{\alpha}} \; ; \tag{2.1.4}$$

Se remarcă faptul că unitățile pentru constanta k sunt u.m./(tonă sau bucată)/(lună)$^{1-\alpha}$. Cu această observație, putem înlocui $\Delta t = 1$ lună.

Ecuația (7.5.30) are variabile separabile; vom scrie:

$$\frac{\mathrm{d}y}{y}=\frac{k}{C_{hu}}\frac{\mathrm{d}x}{x^{\alpha}};\quad \ln\left(y/C\right)=\frac{k}{C_{hu}}\int_0^x\frac{\mathrm{d}x}{x^{\alpha}}, \tag{2.1.5}$$

C fiind o constantă adimensională arbitrară. Prin urmare, *soluția generală* este:

$$y=C\,x^{r},\quad r\equiv\frac{k}{C_{hu}},\quad \text{pentru}\quad \alpha=1;\ y=C\exp\left(\frac{rx^{1-\alpha}}{1-\alpha}\right),\quad \text{pentru}\quad \alpha\neq 1. \tag{2.1.6}$$

2) Pentru $\alpha=1,\quad r=1,\ C_{hf}=4\cdot 10^4$ u.m., din (2.1.6) se obține:

$$y=\frac{C_h-C_{hf}}{C_{hf}}=C\frac{\left(t-t_0\right)}{\Delta t},\quad \frac{\mathrm{d}C_h}{\mathrm{d}t}=C\frac{C_{hf}}{\Delta t}=10^4\,\text{u.m./lună.}\quad C=\frac{1}{4}; \tag{2.1.7}$$

Cheltuielile se dublează $\left(C_h=2C_{hf}\right)$, după 4 luni de la începerea producției.

3) Pentru $\alpha=1,\quad r=0.5,\ C_{hf}=5\cdot 10^4$ u.m., rezultă:

$$y=\frac{C_h-C_{hf}}{C_{hf}}=C\left(\frac{t-t_0}{\Delta t}\right)^{0.5}. \tag{2.1.8}$$

Viteza de creştere fiind dată, putem determina constanta C:

$$\left(t-t_0\right)^{0,5}\frac{\mathrm{d}C_h}{\mathrm{d}t}=\frac{0{,}5C\,C_{hf}}{\left(\Delta t\right)^{0.5}}=10^4\frac{\text{u.m.}}{\left(\text{lună}\right)^{0,5}};\quad C=\frac{2}{5}. \tag{2.1.9}$$

Rezultă dublarea cheltuielilor, dacă:

$$1=C\left(\frac{t-t_0}{\Delta t}\right)^{0.5};\quad t-t_0=\left(\frac{5}{2}\right)^2=6{,}25\ \text{luni}. \tag{2.1.10}$$

Observație. Deoarece viteza de creştere a cheltuielilor în momentul inițial este infinită, s-a dat valoarea derivatei înmulțită cu $\left(t-t_0\right)^{0.5}$.

O aplicație la AIRBUS 380 [10]. Folosind datele furnizate de compania AIRBUS pe 2012, putem estima raportul dintre prețul de vânzare unitar şi costul de producție unitar C_{hu}, pe care compania nu îl menționează.

Dacă p_{vu} este prețul de vânzare unitar şi Q_0 este numărul de unități pentru acoperirea cheltuielilor fixe (inițiale), după formula (2.1.1), avem:

$$Q_0\left(p_{vu}-C_{hu}\right)=C_{hf};\ Q_0\left(p_{vu}/C_{hu}-1\right)=C_{hf}/C_{hu}. \tag{2.1.11}$$

Cu datele pe care le avem pentru Airbus 380:

$Q_0=200$ avioane; $C_{hf}=5\text{E}10$ euro; $p_{vu}=2.5\text{E}8$ euro, rezultă: $p_{vu}/C_{hu}=2$.

Discuție. Se discută soluția de mai sus în funcție de parametrii $\alpha\neq 1$ şi $r>0$. Avem:

$$y=C\exp\left(\frac{rx^{1-\alpha}}{1-\alpha}\right);\quad y=\frac{C_h-C_{h_f}}{C_{h_f}};\quad x=\frac{t-t_0}{\Delta t}. \tag{2.1.12}$$

Deoarece la $t = t_0$ trebuie să avem $y = 0$, rezultă că parametrul α poate lua doar valori supraunitare, astfel încât :

$$\lim_{x\to 0} \exp\left(\frac{r\,x^{1-\alpha}}{1-\alpha}\right) = 0\ ;\ \frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}x} = \frac{r\,y}{x^{\alpha}} = \frac{r\,C}{x^{\alpha}}\exp\left(-\frac{r}{\alpha-1}\frac{1}{x^{\alpha-1}}\right) \tag{2.1.13}$$

Aceasta implică o viteză de variație a cheltuielilor nulă în momentul inițial: ($\lim_{t\to t_0}\frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}x} = 0$) , deoarece exponențiala scade mai repede la zero. Pentru $t > t_0$, $\frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}x}$ crește, putând atinge un maxim.

Pentru a determina constanta C, este necesar să evaluăm cheltuielile C_{h1} la un moment $t = t_1$. Ca urmare, se obține:

$$y = y_1 \exp\left[\frac{r}{\alpha-1}\left(\frac{1}{x_1^{\alpha-1}} - \frac{1}{x^{\alpha-1}}\right)\right], \tag{2.1.14}$$

y_1 *și* x_1 fiind calculate cu C_{h1} *și* t_1.

Exemplu. Pentru $y_1 = 0{,}1$; $t_1 - t_0 = 0{,}2\ \Delta t$, $\alpha = 1.5$, $r = 1$, se obține:

$$y = 8{,}75435\ e^{-\frac{2}{\sqrt{x}}}\ ;\ y(1) = 1.18477\ ;\ \ y(3{,}4876) = 3, \tag{2.1.15}$$

deci, după circa 3.5 luni cheltuielile se triplează.

Cheltuielile cresc tot mai lent cu timpul, astfel că y atinge o valoare limită $y_{lim} = 8.75435$.

2.2. Modelul dinamic cerere - ofertă

Un model dinamic descrie o evoluție în timp a unui proces și poate fi reprezentat, într-o serie de aplicații, de o ecuație diferențială în care variabila independentă este timpul. Un asemenea model a fost aplicat cu bune rezultate în [8] ca model diferențial, și pentru variații discrete (ecuații cu diferențe finite) în [9].

În cele ce urmează, se va arăta cum pot fi utilizate ecuațiile diferențiale de ordinul 1 pentru a studia cererea și oferta pe diverse piețe.

Se propune un model dinamic de studiu al cererii, $C(t)$, și ofertei, $Q(t)$, (UM/zi), variabila fiind timpul t.

Pe o piață ideală, se acceptă două ipoteze de bază:

a) cererea scade proporțional cu creșterea prețului, $p(t)$:

$$C(t) = C_0 - b\big(p(t) - p(t_0)\big),\quad b > 0,\quad t \ge t_0\ ; \tag{2.2.1}$$

b) oferta se stabilește în raport cu prețul mediu , $p_m(t)$, și scade proporțional când acesta crește, pentru a putea echilibra cererea:

$$O(t) = O_0 - r\big(p_m(t) - p_m(t_0)\big),\quad r > 0 \tag{2.2.2}$$

Se vor studia situațiile care apar la echilibru în funcție de parametrii C_0 , b, r. Dacă prețurile sunt date în UM/produs, r, b reprezintă cantitatea de produse oferită, respectiv cerută, zilnic.

Prețul mediu pe produs, $p_m(t)$, este, prin definiție:

$$p_m(t) = \frac{1}{(t-t_0)}\int_{t_0}^{t} p(t)\mathrm{d}t,\quad p_m(t_0) = p(t_0) = p_0. \tag{2.2.3}$$

sau, derivând membru cu membru în raport cu t:

$$p(t) = p_m(t) + (t - t_0)p_m'(t). \tag{2.2.4}$$

La echilibrarea cererii cu oferta: $C(t) = O(t)$, se obține $C_0 = O_0$ şi:

$$C_o - b(p(t) - p(t_0)) = O_0 - r(p_m(t) - p_m(t_0)). \tag{2.2.5}$$

Înlocuind $p(t)$, rezultă ecuația diferențială:

$$y' = \frac{\alpha}{(t - t_0)} y; \quad y = p_m(t) - p_m(t_0); \quad \alpha = \frac{r - b}{b};$$

a cărei soluție generală este (K – o constantă arbitrară):

$$y = K(t - t_0)^{\alpha}; \quad \alpha \neq 0. \tag{2.2.6}$$

Soluția (2.2.6) este valabilă începând cu $t = t_0$.

În acest caz, $O_0 = C_0$, adică cererea şi oferta sunt egale din momentul inițial. Rezultă că, pentru a evita singularitatea din $t = t_0$, trebuie să avem fie $K = 0$, în care caz se obține soluția banală:

$$y = 0; \; p_m(t) = p_m(t_0) = p(t) = p(t_0) = \text{const.}, \tag{2.2.7}$$

Fie, dacă $\alpha > 0$, adică $r > b$: variația ofertei cu prețul este mai mare decât variația cererii cu prețul.

Pentru $\alpha > 0$, ecuația (2.2.6) este satisfăcută, la $t = t_0$, pentru orice K:

$$p_m(t) - p_0 = K(t - t_0)^{\alpha}, \quad \alpha > 0, \quad t \geq t_0. \tag{2.2.8}$$

Constanta K poate fi determinată printr-o evaluare la un moment ulterior, t_1, al prețului mediu:

$$p_{m1} - p(t_0) = K(t_1 - t_0)^{\alpha}; \quad p_{m1} = p_m(t_1). \tag{2.2.9}$$

Se obține:

$$K = \frac{p_{m1} - p_0}{(t_1 - t_0)^{\alpha}}; \quad t_1 > t_0 \;. \; p_m(t) = p_0 - (p_0 - p_{m1})\left(\frac{t - t_0}{t_1 - t_0}\right)^{\alpha}; \quad (\alpha > 0) \;; \tag{2.2.10}$$

$$p(t) = p_0 - (1 + \alpha)(p_0 - p_{m1})\left(\frac{t - t_0}{t_1 - t_0}\right)_1^{\alpha} \quad \alpha > 0\,. \tag{2.2.10-a}$$

Folosind modelul dinamic cerere – ofertă dat în problema anterioară, se pot calcula:

a) evoluția în timp a prețului mediu $p_m(t)$ şi a prețului curent $p(t)$, durata maximă de-a lungul cărei afacerea este profitabilă, o strategie de vânzări mai agresivă care să îşi propună realizarea unui profit mai mare decât cel corespunzător menținerii prețului şi a volumului vânzărilor la valorile din momentul în care s-a stabilit echilibrul cerere - ofertă (model staționar) etc.

3. MODELE PROBABILISTICE

Exemplul 3.1. *Utilizarea formulei probabilității totale* (*Bayes*). Vom lucra pe un exemplu concret. Presupunem că un magazin este aprovizionat cu piese de schimb de la trei depozite: D1, D2, D3 cu cantitățile 1000; 600 şi 400 de bucăți pe săptămână, respectiv. La un moment dat, se primesc 80 de reclamații că piesele de schimb s-au uzat prematur, față de livrările anterioare, perioada de funcționare reducându-se la aproximativ jumătate. Se cere:

1) să se indice măsurile necesare pentru a stabili proporțiile în care furnizorii au livrat produse de mai slabă calitate; să se stabilească aceste proporții;

2) să se propună o strategie pentru a păstra clienții.

Rezolvare

1) Se face un control al calității produselor livrate de cele trei depozite, pe loturi de câte 100 piese alese la întâmplare din piesele livrate de cei trei furnizori. Să presupunem, spre exemplu, că s-au găsit 7; 12; 5 piese cu defecte de calitate livrate din depozitele D1; D2; D3, respectiv. Observând că probabilitățile de a fi cauze pentru cele trei depozite sunt:

$$P(\mathrm{D1}) = 1000{:}2000 = 0{,}5;\ \ P(\mathrm{D2}) = 0{,}3;\ \ P(\mathrm{D3}) = 0{,}2,$$

probabilitățile ca o piesă defectă (evenimentul X) să provină de la cele trei depozite se pot calcula cu formula lui Bayes, după cum urmează:

$$P_X(\mathrm{D}1) = \frac{P(\mathrm{D1})P_{\mathrm{D1}}(X)}{\sum_{i=1}^{3} P(\mathrm{D}i)P_{\mathrm{D}i}(X)} = \frac{0{,}5\times 0{,}07}{0{,}5\times 0{,}07+0{,}3\times 0{,}12+0{,}2\times 0{,}05} = 0{,}4321;$$

$$P_X(\mathrm{D}2) = \frac{P(\mathrm{D2})P_{\mathrm{D2}}(X)}{\sum_{i=1}^{3} P(\mathrm{D}i)P_{\mathrm{D}i}(X)} = 0{,}4444;\ \ P_X(\mathrm{D}3) = \frac{P(\mathrm{D3})P_{\mathrm{D3}}(X)}{\sum_{i=1}^{3} P(\mathrm{D}i)P_{\mathrm{D}i}(X)} = 0{,}1235\,.$$

Prin urmare, din cele 80 piese uzate prematur, circa 34,5 provin din depozitul D1, 35,6 din depozitul D2, şi 9,9 din depozitul D3.

2) O strategie posibilă pentru menținerea clienților tradiționali este introducerea unor prețuri de vânzare reduse diferențiat pentru cumpărători, odată cu atenționarea furnizorilor şi solicitarea unor prețuri mai reduse la furnizor, Astfel, prezența unor procente de defecte de calitate de 7% ; 12% şi 5 % , respectiv, ar justifica o reducere a prețului de vânzare cu circa 3,5 % ; 6 % şi 2,5 % , respectiv, având în vedere că durata de funcționare s-a redus la jumătate.

Exemplul 3. 2. La o firmă se primesc zilnic, în intervalul orelor de vârf 9–15 (6 ore), în medie, 400 apeluri telefonice dintre care: 20 cu durata 1 minut, 80 cu durata 3 minute, 200 cu durata 5 minute, 80 cu durata 7 minute şi 20 cu durata de 10 minute. Să se stabilească numărul de posturi telefonice necesare, astfel încât convorbirile de afaceri să nu sufere.

Rezolvare. Se face un calcul comparativ, adoptând o distribuție binomială şi apoi o distribuție Poisson. Numărul de posturi telefonice necesare va fi legat de *simultaneitatea* apelurilor făcute.

Durata convorbirilor solicitate este:

$$d = \sum n_i d_i = 20\left(1' + 10'\right) + 80\left(3' + 7'\right) + 200 \cdot 5' = 2020 \text{ minute},$$

adică o medie de $\frac{2020}{400} = 5{,}05$ min/apel.

Adoptăm repartiția binomială pentru variabila aleatoare

$$X\left(x_i\right),\quad i \in \overline{1{,}400},\quad x_i = i \text{ fiind numărul de apeluri simultane.}$$

Valoarea medie a distribuției binomiale este:

$$M(X) = np = \frac{2020}{6 \cdot 60} = 5{,}611 \quad \text{apeluri simultane, în medie.}$$

Rezultă probabilitatea medie a schemei binomiale:

$$p = \frac{M(X)}{n} = \frac{5{,}611}{400} = 0{,}0140.$$

Se observă că probabilitatea p a rezultat *după* ce am calculat o valoare medie şi am adoptat o schemă de distribuție. Într-o altă schemă, valoarea lui p ar putea fi diferită, sau ar putea să nu apară de loc.

Pentru a da o interpretare lui p să ne închipuim că am avea, în medie, 5.611 posturi telefonice. Pentru a acoperi durata de 2020 minute acestea trebuie să funcționeze din plin 6 ore.

În aceste condiții, p reprezintă probabilitatea ca unul dintre cele 400 de apeluri să apară la unul din cele 5.611 posturi, indiferent care (reuniune de evenimente).

Pe de altă parte, oricare din cele 400 de apeluri ar putea veni în grupe de 0 (adică de loc), 1, 2, 3,..., 400 în ce priveşte simultaneitatea; numărul de posturi telefonice este însă limitat, din motive legate de menținerea cheltuielilor sub un anumit prag. Probabilitatea apariției unui grup de x_i apeluri (simultane) este, conform schemei binomiale:

$$P(x_i) = C_n^{x_i} p^{x_i} (1-p)^{n-x_i},$$

x_i fiind limitat de numărul de posturi instalate. Dominanta $x_{\max}$ satisface inegalitățile:

$$4{,}611 \le x_{\max} \le (n+1)p = 5{,}611 .$$

Rezultă un necesar de minim 5 – 6 posturi telefonice, pentru a nu exclude tocmai grupurile de apeluri cu probabilitate maximă, blocând astfel circulația informației. Pentru calcule, este avantajos să se folosească relația de recurență:

$$P(x_{i+1}) = P(x_i)\frac{n-x_i}{x_i+1}\frac{p}{1-p}; \quad P(0) = (1-p)^n, \quad i \in \overline{0, n-1} .$$

Rezultatele sunt date în tabelul 3.1

Tabelul 3.1

Schema binomială, n = 400, p = 0.0140 ; $P(0)$ = 0.0035

x_i	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$P(x_i)$	0.0200	0.0568	0.1072	0.1513	0.1705	0.1597	0.1279	0.0894	0.0554
$\sum_0^{x_i} P(x_i)$	0.0235	0.0803	0.1874	0.3387	0.5092	0.6689	0.7968	0.8862	0.9416

Suma probabilităților $\sum_0^{x_i} P(x_i)$ indică posibilitatea de a acoperi până la maximum x_i apeluri simultane, în funcție de numărul de posturi instalate. Se observă că sunt necesare 5 posturi pentru a face față la circa 50% din solicitări şi de 7 posturi pentru a acoperi circa 80% din necesar.

Este confirmată şi plasarea dominantei conform inegalităților (8.68); se obține: $x_{max} = = 5 \in (4{,}614; 5{,}614)$.

b) Adoptând *distribuția Poisson* cu valoarea medie: $\lambda = 5{,}611$, se obțin rezultate apropiate. Acest lucru se datorează faptului că repartiția binomială are n mare (n = 400) şi probabilitatea mică (p = 0.0140). Calculele sunt mai simple pentru repartiția Poisson.

Bibliografie

[1] O. T. Pleter, *Administrarea afacerilor*, Ed. Cartea Universitară, Bucureşti, 2005 (ediția a doua); ISBN 973-731-154-X.

[2] O. A. Blăjină, *Informatică managerială*, Ed. Universității Româno-Britanice, Bucureşti, 2004; ISBN 973-86598-0-9.

[3] O. A. Blăjină, *Informatică managerială. Aplicații*, Ed. Cartea Universitară, Bucureşti, 2004; ISBN 973-78283-78-2.

[4] C. Berbente, S. Berbente, *Metode cantitative*, vol. ll, Ed. BREN, Bucureşti, 2003, ISBN 973-648-357-6.

[5] C. Berbente, S. Berbente, *Metode cantitative*, vol. l, Ed. BREN, Bucureşti 2004, ISBN 973-648-188-3.

[6] S. Berbente, C. Berbente, *Probleme de metode cantitative*, Edit. Univ. Româno-Britanice, Bucureşti, 2006, ISBN(10) 973-87669-1-5/(13) 978-973-87669-1-4.

[7] I. Ceauşu, *Enciclopedia managerială“*, Editura ATTR, Bucureşti, 1999.

[8] S. BERBENTE, *Un model dinamic import-export*, Proceedings of the 33-th ARA Congres, Sibiu, 2-7 iun. 2009, vol. I, pag. . 189-192, Polyt. International Press, Montreal, Quebec, 2009.

[9] S. Berbente**,** *Un model dinamic discret pentru evaluarea pieței*, Proceedings of the 34-th ARA Congress, Bucharest, 18-23 May, 2010, pg. 181-183, Polytechnic International Press, Montreal, Quebec, 2010; ISBN 978-2-553-01547-2.

[10] Tom Enders, Harald Wilhelm, AIRBUS EADS Annual Results 2012.

Recunoaştere

Rezultatele prezentate în acest articol au fost obținute cu sprijinul Ministerului Muncii, Familiei şi Protecției Sociale prin Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013, Contract nr. POSDRU/89/1.5/S/62557.